

Leiðbeiningar um vinnslu steinefna

Áfangaskýrsla 2010

greinagerð um framvindu verks

verkefnastjóri:

Hafdís Eygló Jónsdóttir

aðrir þátttakendur í verkefnahópnum eru: Gunnar Bjarnason, Ingvi Árnason og Pétur Pétursson.



apríl 2011

Inngangur

Árið 2010 fékkst styrkur frá Rannsóknarráði Vegagerðarinnar til að vinna að rannsóknarverkefni um vinnslu steinefna. Er þetta annað árið í röð sem unnið er að þessu verkefni. Hafdís Eygló Jónsdóttir starfsmaður Vegagerðarinnar er verkefnastjóri verkefnisins. Aðrir þátttakendur í verkefnahópnum eru Ingvi Árnason og Gunnar Bjarnason frá Vegagerðinni og Pétur Pétursson frá Nýsköpunarmiðstöð Íslands.

All margir aðilar frá verktakafyrirtækjum hafa veitt greinagóðar upplýsingar og aðstoð varðandi efnisvinnslu. Má þar helst nefna: Þór og Björn Konráðssyni hjá Skútabergi ehf, Rúnar Kristjánsson, Viðar Ríkharðsson, Jón Heiðar Jónsson og Samúel Helgason hjá Tak – Malbik ehf, Ellert Alexandersson hjá Alexander Ólafssyni ehf, Kristján Már Magnússon hjá Myllunni ehf og Skúla Ferdinandsson hjá Króksverki ehf.

Skilgreining verkefnisins

Markmiðið með þessu verkefni er að til verði handhægar leiðbeiningar (handbók) um vinnslu steinefna til vegagerðar og hvernig eigi að glíma við þau vandamál sem upp kunna að koma varðandi vinnslu íslenskra steinefna. Í handbókinni verður m.a. tekin saman staða efnisvinnslu hér á landi, þ.e. yfirlit yfir þann tækjabúnað sem er í notkun, hvaða vinnsluáferðum er beitt og gerður samanburður á þeim eignum sem hér eru framleidd. Fjallað verður sérstaklega um aðferðir við að stýra fínefnamagni, kornadreifingu og kornalögun efnis. Markmiðið er að bæta verktækni við vinnslu steinefna til vegagerðar, stuðla þannig að auknum gæðum framleiðslunnar og þar með betri gæðum og endingu vega.

Verkefnið er unnið með heimildakönnun og söfnun upplýsinga frá innlendum og erlendum aðilum í efnisvinnslu. Námur hafa verið heimsóttar þar sem tækjabúnaður var skoðaður, sýni tekin úr vinnslunni og send á Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMI) til frekari rannsókna.

Framkvæmd verkefnisins árið 2010

Árið 2010 fór að mestu í heimildarvinnu og skrif. Verkefnastjóri heimsótti nokkur verktakafyrirtæki innanlands á sviði efnisvinnslu: Alexander Ólafsson ehf, Króksverk ehf verktakar, Tak – Malbik ehf, Myllan ehf og Skútaberg ehf. Af þessum verktakafyrirtækjum tengdust/tengjast fjögur vegagerðarverkefnum:

- *Efnisvinnsla á Norðurlandi Vestra*
- *Raufarhafnarvegur (874) Hófaskarðsleið-flugvöllur*
- *Dettifossvegur (862) Hringvegur - Dettifoss*
- *Norðausturvegur (85) Bunguflói-Vopnaffjörður*
- *Norðausturvegur (85) Hófaskarðsleið*

Árið 2010 var skoðað t.d. hvaða aðferðum væri hægt að breyta til að hægt væri að laga kornadreifingu á steinefnum sem verið er að vinna í efnisvinnslu og að þessu sinni var eingöngu horft til steinefnavinnslu úr klöpp.

Fylgst hefur verið með efnisvinnslu úr sömu klapparnámunni í um tvö ár og eru tveir efnisvinnsluverktakar sem hafa unnið efni úr námunni. Samanburðurinn er því til staðar, þ.e. mismunandi uppsetning á brjótum, mismunandi tæki, kornalögun og kornadreifing.

Unnið var að ýtarlegri heimildaöflun og haldið áfram að skrifa leiðbeiningar um efnisvinnslu. Haft var samband við fjölmarga aðila og töluvert var sótt af heimildum á netið. Unnið var með margar skýringarmyndir og töflur sem settar verða í leiðbeiningaritið.

Nokkur sýni voru tekin úr framleiðslunni og send til rannsóknar á Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMÍ). Sýni voru einnig tekin á staðnum og unnin á staðnum, þ.e. kornakúrfa.

Í marsmánuði 2010 kom út skýrslan „*Notkun bergs til vegagerðar–vinnsla, efniskröfur og útlögn*“. Verkefnastjóri ásamt Ingva Árnasyni skrifaði kaflann „*Vinnsla bergs til vegagerðar*“ en sá kafli er stór hluti þessa verkefnis.

Rannsóknaverkefnið var kynnt á rannsóknaráðstefnu Vegagerðarinnar sem haldin var á Nordica Hótel 5. Nóvember.

Verkefnastjóri ásamt Ingva Árnasyni fluttu fyrirlestur sem bar heitið „*Leiðbeiningar um vinnslu og notkun sprengd bergs*“. Fyrirlesturinn var hluti af námskeiði sem haldið var þrisvar á síðasta ári „*Námskeið um efnisrannsóknir og efniskröfur í vegagerð*“. Margir efnisvinnsluverktakar og eftirlitismenn í vegagerð sátu námskeiðið.

Tvennt sem stóð til að gera á síðasta ári stóðst ekki. Í fyrsta lagi stóð til að skoða efnisvinnslu steinefna úr setmyndunum. Í öðru lagi stóð til að fylgjast með efnisvinnslu á einum stað í nokkra daga. Hvorugt þessarra atriða gekk eftir.

Staða verkefnisins

Staðan á verkefninu er mjög góð, og góð og mikil umræða hefur skapast í tengslum við það. Starfsmenn Vegagerðarinnar og verktakar í vegagerð gera sér fulla grein hversu mikilvægur efnisvinnsluþátturinn er í vegagerð.

Efnisvinnsla er þrepaskipt og fer brotið fram í nokkrum brotstigum. Algengt er 2ja og 3ja þrepa vinnsla. Við vinnslu á burðarlags- og klæðingarefnum hér á landi er tveggja þrepa vinnsla algengust, þ.e. tvö brotstig. Flestir efnisvinnsluverktakar á Íslandi eru með færanlegar einingar eða færanlegar samstæður, sem eru annað hvort á beltum eða hjólum. Til eru tvær megin uppsetningar í efnisvinnslu:

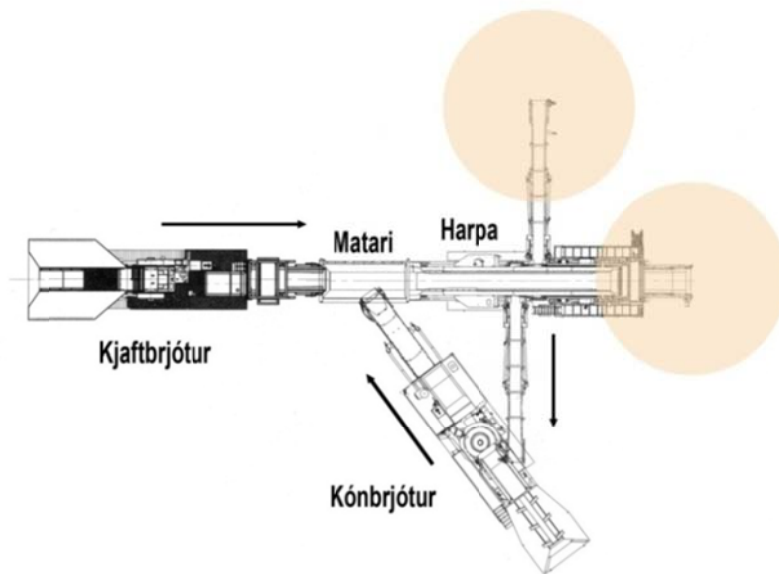
Hámarks afköst (*mynd 1*): forbrjótur (**F**) + harpa (**H**) + eftirbrjótur (**E**) og auk þess hringrás. Allt efnið er brotið einu sinni og hluti tvisvar.

Hámarks gæði (*mynd 2*): forbrjótur (**F**) + eftirbrjótur (**E**) + harpa (**H**) og auk þess hringrás. Allt efnið er brotið tvisvar og hluti þrisvar.

Algengasta uppsetningin í tveggja þrepa efnisvinnslu hér á landi er „*hámarks afköst*“ þ.e. forbrjótur (**F**) + harpa (**H**) + eftirbrjótur (**E**) og auk þess hringrás (Mynd 1). Í þessari

uppsetningu má búast við að allt að 50 til 60% efnisins fari aldrei yfir á annað brotstig. Ástæðan er sú að opnunin á forbrjótum (m.v. kjaftbrjót) er stillt þannig að rétt efnisstærð næst strax eftir forbrjótinn og er hörpuð frá. Þetta er frekar óheppilegt fyrir kornalögunina þar sem fleygmyndun (þ.e. ílöng korn) verður til í kjaftbrjót. Með þessari uppsetningu verða afköstin meiri.

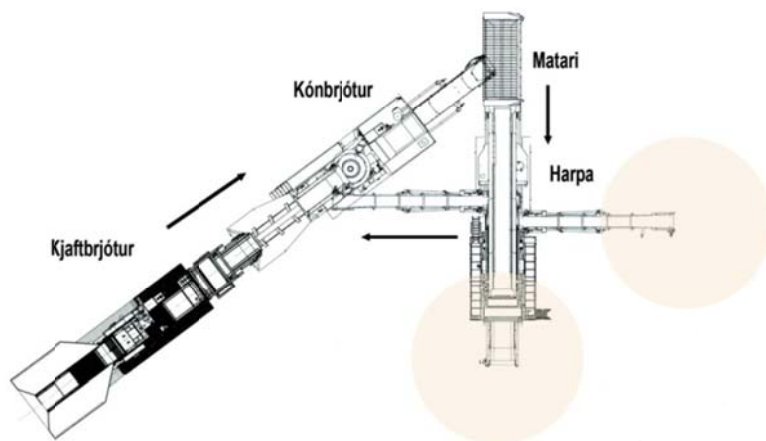
Efnisvinnsluaðilar sem eru með samstæður á hjólum eiga erfiðara með að breyta uppsetningunni því hún samanstendur af hörpu og eftirbrjót. Forbrjóturinn er ekki með í samstæðunni og er því stakur. Efnisvinnslu hringurinn er forbrjótur (**F**) + harpa (**H**) + eftirbrjótur (**E**) og auk þess hringrás. Hugsanlega væri hægt að bæta einungum inn í vinnsluna með því að setja t.d. inn auka færiband og setja annan matara.



Mynd 1. Algengasta uppsetningin í efnisvinnslu hér á landi „hámarks afköst“. Myndin sýnir dæmi á uppsetningu á vinnslu með hringrás þar sem miðað er við hámarks afköst (F+H+E).

Í uppsetningunni „hámarks gæði“ sem samanstendur af forbrjót (**F**) + eftirbrjót (**E**) + hörpu (**H**) og auk þess hringrás er allt efnið brotið tvisvar sinnum og hluti þrisvar sinnum (mynd 2). Með þessari uppsetningu verða afköstin minni en gæðin betri. Þessi uppsetning er ekki algeng í tveggja þrepa vinnslu á Íslandi.

Nánast allir sem eru í efnisvinnslu hringrása steinefninu en einn og einn aðili hefur komist upp með að sleppa því. Ef efnið er ekki hringrásað þá verður áberandi mikið af yfirstærðum í efninu sem er ekki gott þegar efnið kemur út í veg. Einnig hefur það áhrif á lögun. Hringrás þýðir að hluti efnisins sem búið er að brjóta er **brotið aftur**, þ.e. harpa stærðarflokkar efnið og sendir yfirstærðir til baka í eftirbrjótinn (t.d. kónbrjót) (mynd 3). Hringrás er mjög misjöfn, allt frá því að vera 5 til 30% af heildarmagni. Ekki tíðkast að hringrása meira en 30% af efninu því þá kemur það niður á afköstum. Það kemur þó fyrir við sérstakar aðstæður að hringrása þarf efninu mun meira. Hringrásin fer töluvert eftir efninu sem verið er að vinna. Ef efnið er jafnt þá er hringrásin jöfn, þ.e. stöðug. Ef efnið er misgróft þá rokkar hringrásin fram og til baka.



Mynd 2. Í uppsetningunni „hámarks gæði“ sem samanstendur af forbrjót (F) + eftirbrjót (E) + hörpu (H) og auk þess hringrás er allt efnið brotið tvisvar sinnum og hluti þrisvar sinnum.

Allir brjótar hafa takmarkað smækkunarhlutfall sem þýðir að smækkunin á steinefninu fer fram í nokkrum stigum. Smækkunarhlutfall er heildar smækkun á efni frá hráefni og til loka framleiðslu. Þetta er sá þáttur sem ákvarðar fjölda brotstiga í efnisvinnslu. Til að útskýra þetta nánar þá er upphafsefnið það efni sem fer fyrst inn í forbrjótinn og hámarksstærðin á því er kannski allt að 400 mm. Lokaafurðin kemur út úr síðasta brotstiginu og framleiðslustærðin er kannski að hámarki 63 mm. Til þess að ná að brjóta efnið svona mikið niður, þ.e. frá 400 mm og niður í 63 mm þá þarf það að gerast í nokkrum þrepum.



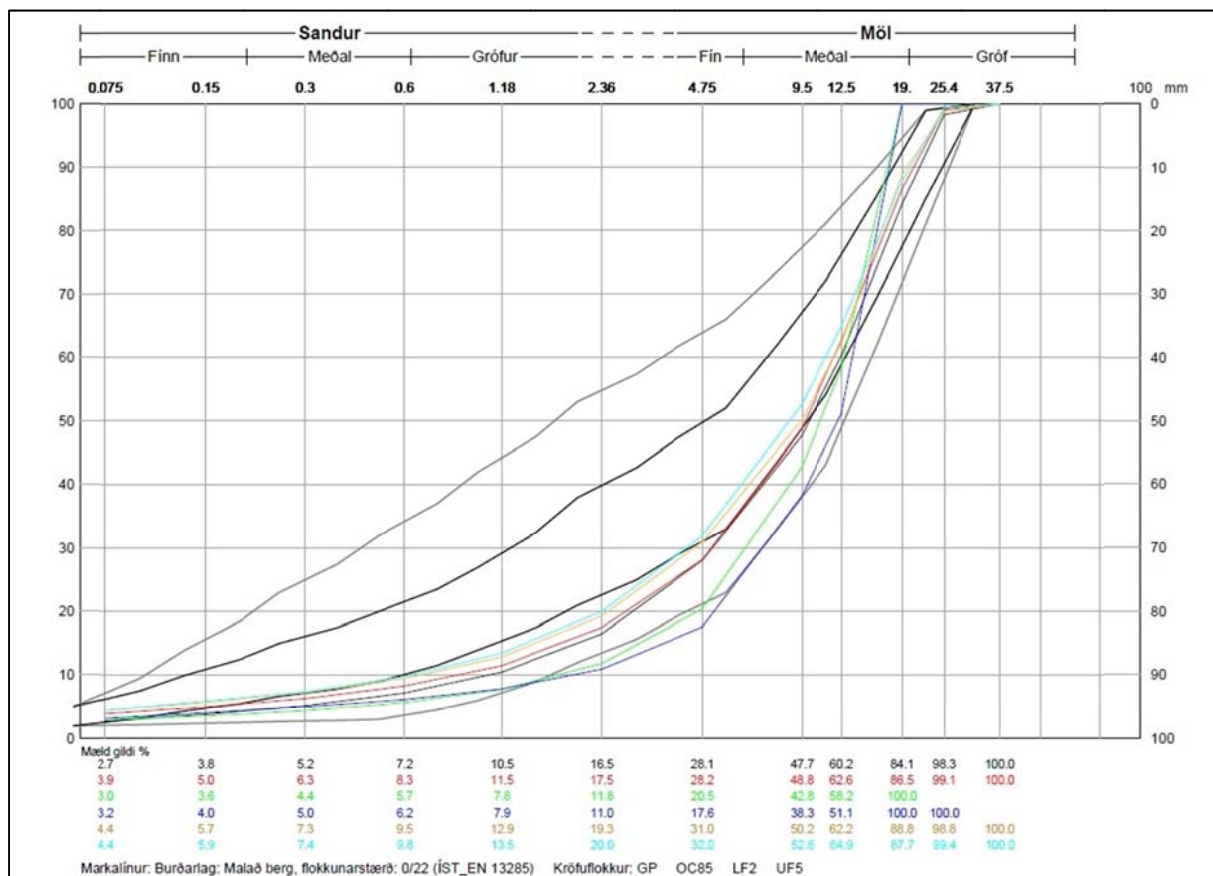
Mynd 3. Steinefnið er búið að brjóta í forbrjót og er búið að fara gegnum hörpu. Og er nú á leiðinni yfir í kónbrjót. Á færibandinu má einnig sjá töluvert af stærri kornastærðum en þær tilheyra yfirstærðarefni.

Berggerðir eru misjafnar hvað varðar t.d. styrk, slitþol og kleyfni en berggerðin hefur áhrif á smækkunarhlutfallið. Því harðara sem bergið er því minni verður smækkunin í hverju brotstigi fyrir sig. Ef miðað er við tveggja þrepa brotstig þá verður mesta brotið (smækkunarhlutfallið) venjulega í forbrjótnum (kjaftbrjótnum). Ef þriðja brotstiginu er bætt

við þá verður álagið á brjótana mun minna og smækkunarhlutfallið verður ekki eins mikið á hverju stigi.

Það er mjög algengt að oft er erfitt að ná nægilega háu hlutfalli af sandi, þ.e. millistærðum (0.063– 6 mm). Til þess að ná þessum millistærðum er hægt að gera ýmislegt en þær breytingar hafa áhrif á aðra þætti og þá þarf að hafa ráð við þeim. Meðal annars er hægt að þrengja eftirbrjótinn (miðað við kónbrjót) og hafa litla hringrás. Þetta hefur hins vegar áhrif á að fínefni aukast. Ef fínefni eru of mikil er hægt að prufa sig áfram með undantekt, þ.e. taka fínefni undan á forhörfu.

Oft er verið að vinna með klöpp sem brotnar í mörgum tilfellum auðveldlega og til verður nokkuð magn fínefna. Þá eru menn hræddir við fínefnin og láta fjarlægja þau (þ.e. taka undan) á forhörfu áður en þau fara í eftirbrjótinn. Á mynd 4 eru sýnda nokkrar kornakúrfur af burðarlagsefni (0-25 mm) þar sem tekið var mismikið undan á 12 mm forhörfu. Þegar allt var tekið undan (forharpa opin 100 %) þá var kornakúrfan mjög síð og langt utan við markalínur. Næst var prufað að hleypa aðeins út á 50% fleti í forhörfunni og síðan aðeins á 25% fleti. Kúrfan lyftist við þetta og fínefnin voru á bilinu 3.9 til 4.4%.



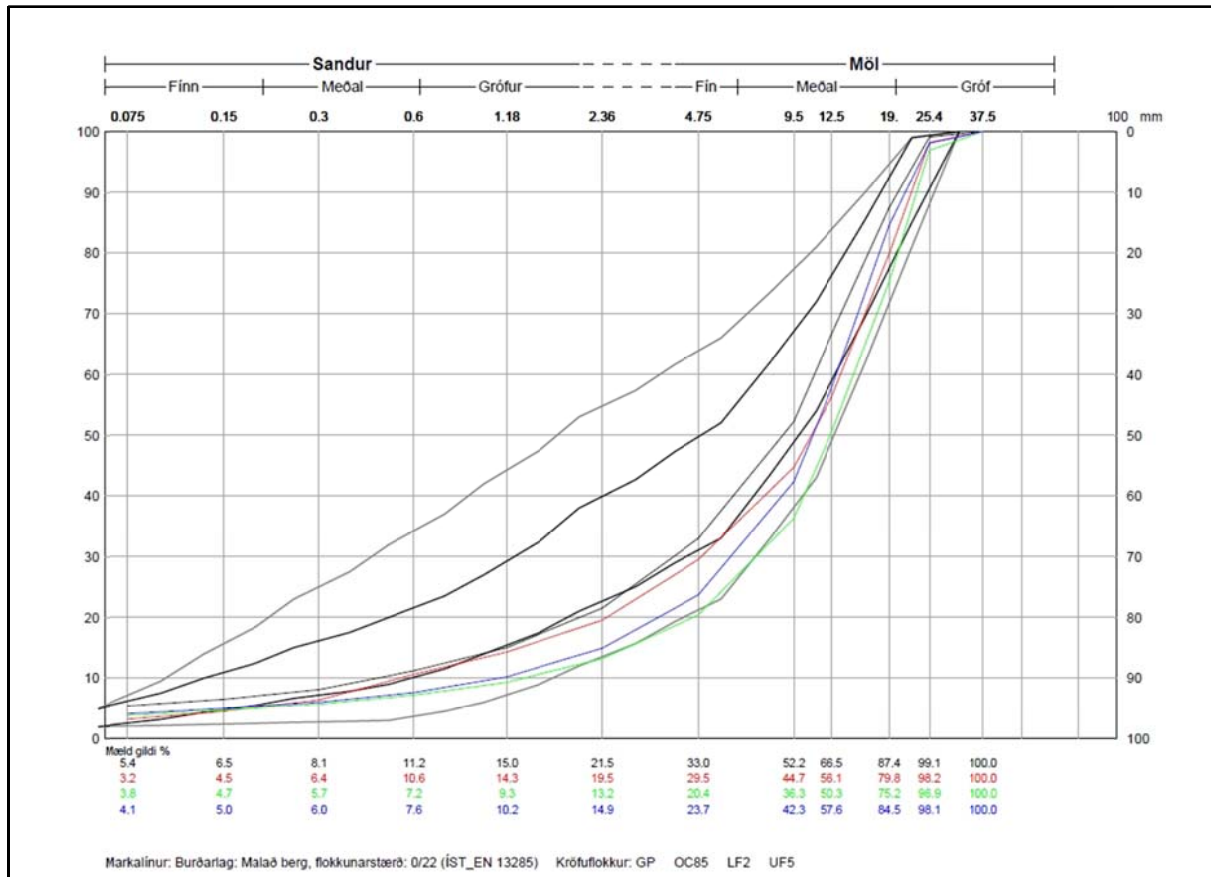
Mynd 4. Undantekt á 12 mm forhörfu: 100% tekið undan (græn, dökkblá), 50% tekið undan (svört og rauð) og 25% tekið undan (ljósblá og ljósbrún). Svörtu línurnar eru markalínur og skal sáldurferill efnisins liggja innan markalínanna. Meðaltal allra mælinga skal liggja innan við innri markalínurnar en einstaka mega liggja fyrir utan.

Í staðinn fyrir undantekt er hægt að bæta öðru efni inn í framleiðsluna (mynd 5). Þetta var prufað á Dettifossvegi. Sandur sem varð til þegar var verið að flokka klæðingarefni var bætt í efnisvinnslu á burðarlagsefni. Hlutföllin voru 1 á móti 5. Eftir fimmtu hverju skóflu af

forbrotnu efni sem ekið var í haug af payloder var einni skóflu af sandi keyrt í hauginn. Niðurstaðan var mjög áhugaverð og var aukning á millistærðarefni á bilinu 6-8 prósent. Kúrfurnar lyftust töluvert og lentu á og við markalínur efnisins.

Önnur aðferð sem þyrfti að prufa væri svokölluð „vínartertulagering“. Þá mætti til dæmis setja 3 m lag af forbrotnu klapparefni og keyra síðan þunnu sandlagi yfir og svo koll af kolli.

Þrátt fyrir mikinn kostnað fyrir verkkaupa þá ættu svona íblöndunaraðferðir að skila mun betri vegum og minni kostnaði þegar horft er til framtíðar.



Mynd 5. Íblöndun. Hér er sandi og fínni möl blandað inn í framleiðsluna á burðarlagsefni (0-25 mm). Græna og bláa kúrfan sýna efnið óblandað með undantekt á 12 mm forhörpu. Rauða og svarta kúrfan sýnir hvernig kúrfan er þegar sandi og fínmöl er blandað inn. Hlutföllin er 1 sandskófla á móti 5 klapparskóflum. Svörtu línurnar eru markalínur og skal sáldurferill efnisins liggja innan markalínanna. Meðaltal allra mælinga skal liggja innan við innri markalínurnar en einstaka mega liggja fyrir utan.

Það er ekki einungis aðferðirnar og fjöldi brjóta sem notaðir eru við vinnsluna sem skipta máli t.d. varðandi kornadreifingu. Varahlutir í tækin skipta miklu máli eins og til dæmis keilur. Ef keila (miðað við kónbrjót) er komin á síðasta snúning þá er ekki lengur hægt að ná henni saman og brjóturinn nær ekki að brjóta eins vel. Þá þarf endalaust að vera að þrængja brjótinn. Sem dæmi má nefna ef hámarks inntaksopnun á steinefni inn í brjótinn var 250 mm í upphafi með nýrri keilu þá fer hún alveg niður í 150 mm opnun þegar keilan er orðin slitin og léleg. Inntaksopnunin og úttaksopnunina spila saman og þetta verður þá til þess að minna efni kemst inn og út. Afköst minnka sömuleiðis.

Framhald verkefnisins

Í ár verður áhersla sérstaklega lögð á að skoða hörpur, færibönd, matara og þvottabúnað.

Verkefnastjóri mun heimsækja innlenda aðila og skoða efnisvinnslu steinefna úr setmyndunum. Meðal annars verður fyrirtækið Tak-Malbik ehf heimsótt, en það sér um efnisvinnslu í verkefninu *Norðausturvegur (85) Bunguflói-Vopnaffjörður*. Markmiðið með þeirri heimsókn er að fylgjast með efnisvinnslunni á burðarlagsefnum og klæðingarefnum úr seti. Til stendur einnig að þvo klæðingarefnið.

Fylgst verður með efnisvinnslu í klapparnámunni sem fylgst hefur verið með síðustu tvö árin. Þar á eftir að mala efri hluta burðarlags og flokkað klæðingarefni.

Unnið verður að lokaskýrslu sem verður skilað í mars 2012.